

# 基于 OpenCV 的视频运动目标检测及其应用研究

黄景星, 吴伟隆, 龙楚君, 张明军

(广州大学华软软件学院 网络技术系, 广东 广州 510990)

**摘要:**高斯混合模型已经成为对视频利用背景减除法进行运动目标检测的最多的一种背景建模模型,也成为一种标准模型。首先对高斯混合模型的理论框架进行了分析,然后采用 OpenCV 技术实现高斯混合模型来检测视频运动目标,实验结果表明高斯混合模型对摄像头静止的道路监控视频运动目标检测具有较好的效果。最后以该运动目标检测技术为基础设计了一种智能视频监控系统,该系统具有较好的实用性。

**关键词:**视频;运动目标检测;高斯混合模型;OpenCV

中图分类号:TP391.4

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)03-0015-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.03.004

## Study of Moving Object Detection in Video and Its Application Based on OpenCV

HUANG Jing-xing, WU Wei-long, Long Chu-jun, ZHANG Ming-jun

(Department of Network Technique, South China Institute of Software Engineering, Guangzhou 510990, China)

**Abstract:**Gaussian mixture model is the most used method for background modeling of the implementation of background subtraction in video sequences, and has become the standard method. First analyze the theory framework underlying the method, then use OpenCV technology to implement it. The results show that the Gaussian mixture model has a good effect on the moving object detection of road monitoring video. Finally, design an intelligent video monitoring system based on the moving object detection, the system has better practicability.

**Key words:**video; moving object detection; Gaussian mixture model; OpenCV

## 0 引言

运动目标检测涉及计算机视觉、模式识别以及机器学习等多个领域<sup>[1]</sup>,对于提高视频监控系统的智能化程度,提高视频监控系统效率和降低视频监控系统成本具有重要意义<sup>[2]</sup>。因此,许多学者对此进行了长期的研究<sup>[3-5]</sup>,取得的成果包括帧间差分法<sup>[3]</sup>、光流法<sup>[4]</sup>、背景减除法<sup>[5]</sup>等多种运动目标检测技术。其中,背景减除法一直是运动目标检测技术中研究较多的方法,其关键是背景建模,典型算法有中值滤波、码书、高斯模型、多模态均值等<sup>[6]</sup>。而高斯混合模型又是背景减除法中使用最多的一种模型,已成为一种标准模型<sup>[7]</sup>。文中将以高斯混合模型作为背景建模的方法,利用 OpenCV 技术实现运动目标检测技术,然后设计了一种智能视频监控系统,将基于 OpenCV 和高斯混合模型的运动目标检测技术作为一个功能模块应用到智能视频监控系统中。

## 1 高斯混合模型

高斯混合模型(Gaussian Mixture Model, GMM)<sup>[8]</sup>认为背景图像中各像素的颜色值变化符合高斯分布,可以用多个不同权重的高斯分布来模拟某一像素点的颜色变化。

### 1.1 模型定义

假设将视频帧 $I$ 中的某个像素点 $(x, y)$ 时间 $t$ 的观测值记为 $X_t$ ,对于给定点在不同时刻的一系列观测值 $\{X_1, X_2, \dots, X_t\}$ ,可以看作是一个与其他点独立的统计随机过程,则可用 $K$ 个高斯分布表示:

$$N_{i,t} = N(\mu_{i,t}, \sigma_{i,t}^2) \quad (1)$$

其中, $i = 1, 2, \dots, K$ 。 $K$ 的取值由计算性能等因素决定,通常取为3至7。则 $t$ 时刻点 $(x, y)$ 的概率分布为:

$$P(X_t) = \sum_{i=1}^K \omega_{i,t} \eta(X_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{i,t}) \quad (2)$$

收稿日期:2013-05-06

修回日期:2013-08-12

网络出版时间:2013-11-29

基金项目:广东省大学生创新创业训练计划项目;广东省高校共青团资助项目(2012C069)

作者简介:黄景星(1989-),男,专业为网络工程;张明军,硕士,讲师,研究方向为视频分析、P2P流媒体。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20131129.0826.003.html>

其中,  $\omega_{i,t}$  为  $t$  时刻第  $i$  个高斯分布的权值, 它反映该高斯分布出现的比例, 且  $\sum_{i=1}^K \omega_{i,t} = 1$ ;  $\eta(X_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{i,t})$  是  $t$  时刻第  $i$  个均值为  $\mu_{i,t}$ 、协方差为  $\Sigma_{i,t}$  的概率密度函数:

$$\eta(X_t, \mu_t, \Sigma_t) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\Sigma|^{\frac{1}{2}}} \exp\left(-\frac{1}{2} (X_t - \mu_t)^T \Sigma^{-1} (X_t - \mu_t)\right) \quad (3)$$

## 1.2 模型更新

如果当前像素值与某一高斯分布均值满足  $|X_t - \mu_{i,t}| \leq D\sigma_{i,t}^2$ , 则认为匹配成功, 通常  $D$  取经验值为 2.5。如果有多个匹配, 则选择最好的一个。匹配成功时, 调整各个分布的权重值:

$$\omega_{i,t} = (1 - \alpha)\omega_{i,t-1} + \alpha M_{i,t} \quad (4)$$

其中,  $\alpha$  为学习率, 其值在 (0, 1) 之间,  $\alpha$  越大, 权值更新的越快, 否则反之; 对于匹配的分布  $K$ ,  $M_{i,t}$  为 1, 其余不匹配的分布为 0, 这样可以导致匹配的分布权重值增加, 减少不匹配分布权重值。

对于与当前像素相匹配的模型, 其参数将做如下更新:

$$\begin{aligned} \mu_t &= (1 - \rho)\mu_{t-1} + \rho X_t \\ \sigma_t^2 &= (1 - \rho)\sigma_{t-1}^2 + \rho(X_t - \mu_t)^T(X_t - \mu_t) \end{aligned} \quad (5)$$

其中,  $\rho$  为另一个学习率, 其值为  $\rho = \alpha\eta(X_t | \mu_k, \sigma_k)$ ,  $\eta$  为高斯概率密度函数。而对于没有匹配的分布, 其参数保持不变。

## 1.3 前景检测

根据  $\omega_{i,t}/\sigma_{i,t}$  值按由大到小对  $K$  个高斯分布进行排序, 排序越前的高斯分布, 越适合描述背景。一般选取满足式 (6) 的前  $M$  ( $1 \leq M \leq K$ ) 个高斯分布被当成是对背景的描述:

$$M = \arg \min_b \left( \sum_{k=1}^b \omega_k > T \right) \quad (6)$$

其中,  $T$  是背景模型比例阈值, 如果  $T$  设置较小, GMM 将退化为单高斯分布模型; 如果  $T$  值较大, 则可以为动态背景建立多个高斯分布的混合模型来模拟。 $T$  的经验值可取 0.6。

# 2 基于 OpenCV 的 GMM 实现

## 2.1 实现步骤

OpenCV<sup>[9]</sup> (Open source Computer Vision library) 的 `cvaux` 模块中 `cvbfg_gaussmix.cpp` 文件根据文献 [10] 中提供的方法编写了 GMM 函数, 其中定义了 `CvGaussBGModel` 类用于存放高斯混合模型的各个参数。实现 GMM 需要调用的主要函数有 `cvCreateGaussianBGModel`、`icvUpdateGaussianBGModel` 以及 `icvReleaseGaussian-`

`BGModel` 等。

(1) 在 `CvGaussBGModel` 初始化指针后, 在读取第一帧视频背景图像时, 使用 `cvCreateGaussianBGModel` 函数对高斯背景模型变量进行初始化赋值, 包括学习率  $\alpha$ , 方差  $\sigma$ , 权重值  $\omega$ , 高斯分布个数  $K$  以及阈值  $T$ 。

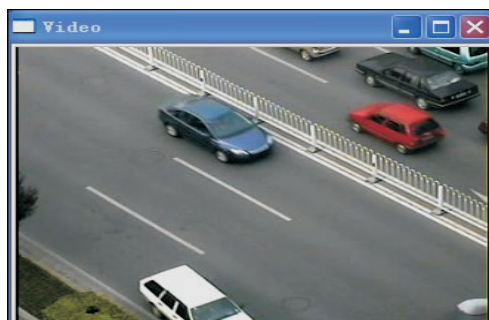
(2) 读取当前视频帧时, 使用 `icvUpdateGaussianBGModel` 不断更新已有的高斯模型。

(3) 在视频帧全部读取完毕后, 使用 `icvReleaseGaussianBGModel` 释放高斯模型参数占用内存。

此外, 还需要其他函数, 如 `icvMatchTest`、`icvUpdateFullWindow` 等进行当前像素值与高斯分布的匹配、更新高斯分布的权重值等。

## 2.2 检测结果和分析

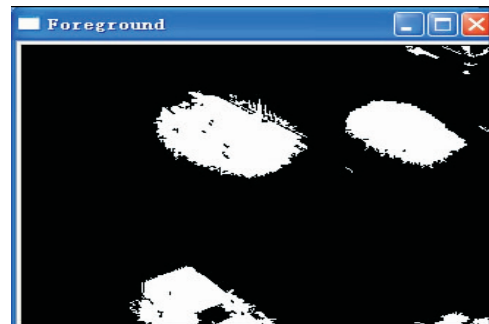
使用 VC++6.0 和 OpenCV 编写测试程序。选取公路监控视频作为测试, 测试结果如图 1 所示。



(a) 公路监控视频



(b) GMM 建模的背景图



(c) GMM 检测的运动目标

图 1 GMM 运动目标检测

由于摄像头属于静止采集视频, 且公路监控的主要目标是运动车辆, 则其监控视频画面除了受光照影响较大外, 受其他环境干扰的情况较少, 所以公路监控

视频背景的获取相对容易。由图 1(b)和图 1(c)可知,使用 GMM 进行背景建模在公路监控中具有较好效果,对运动目标检测比较灵敏,检测到的目标比较完整,产生的干扰较少。因此,采用 GMM 的运动目标检测技术能满足公路视频监控的一般需求。

### 3 基于 OpenCV 与 GMM 的视频监控系统设计

#### 3.1 总体设计

该系统主要由三大部分组成,一是前端摄像头,二是中心服务平台,三是监控终端,如图 2 所示。前端摄像头进行视频采集,获取的视频经过压缩与优化等处理,通过多媒体网络传输进入中心服务平台。中心服务平台是系统的服务器群,负责业务流程的控制和策略管理,其主要包括数字录像机、视频存储服务器、视频分析服务器以及智能警报系统。监控终端通过 IP 宽带或其他多媒体网络获取智能视频监控信息,进行干预操作等。而该系统的核心部分是中心服务平台,其功能不仅包括常规的视频存储、检索、调度等,还包括视频目标检测、识别、目标行为分析以及事件智能处理等。

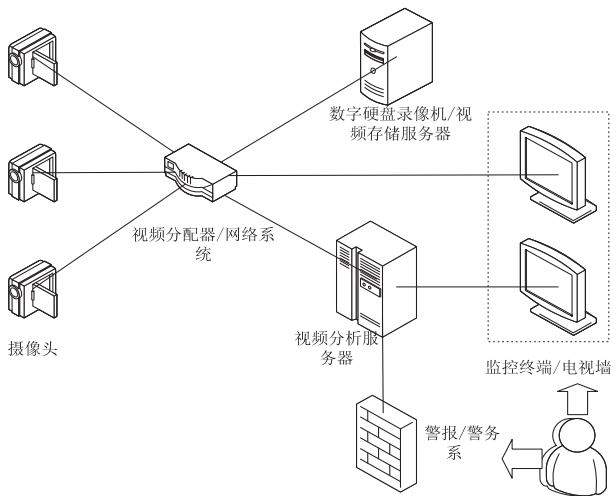


图 2 视频监控系统总体设计

#### 3.2 系统核心与关键技术

智能视频监控系统以计算机视觉技术为核心,主要研究目标是利用计算机视觉技术、人工智能技术和数字视频处理技术对监控视频的内容进行描述、理解和分析,从而对视频监控系统进行控制,进而使视频监控系统具有较高层次的智能化水平。其关键技术主要有:

- (1)运动目标的检测:运动目标的检测方法和相关研究,前文已有介绍,在此不再赘述。
- (2)目标的跟踪:主要有基于区域匹配、基于特征点、基于主动轮廓和基于光流法等跟踪方法<sup>[11]</sup>。

(3)目标的识别:以统计模式或结构模式为基础,形成对象分类统计特性或结构建模样本,以此进行识别的一系列方法。统计识别模式系统由训练和分类两个过程组成<sup>[12]</sup>。在该系统中,将目标识别功能主要集成到智能处理模块。

(4)视频压缩技术:适合视频传输的技术主要有 MPEG 系列和 H.264 技术,后者有更高的压缩比和好的网络亲和力<sup>[13]</sup>。该技术取决于系统的开发平台或系统的特殊需求,有的开发平台集成性较好,已经对相关视频压缩算法进行了封装。

(5)智能流技术:能保证在很低带宽下传输音/视频流,即使带宽下降,用户只会收到低质量的视频,而视频流不会中断,不需要缓冲以恢复带宽损失<sup>[14]</sup>。该技术取决于流服务器的设计。

#### 3.3 智能监控模块设计

监控系统的智能性主要体现在对监控的现场画面中是否存在安全威胁进行检测、识别和处理,而其基础是首先对监控视频进行运动目标的检测,这也是最关键步骤。在该系统中,智能监控模块主要包括运动目标检测、运动目标跟踪、事件检测和智能处理等,这些模块的关联关系以及流程如图 3 所示。

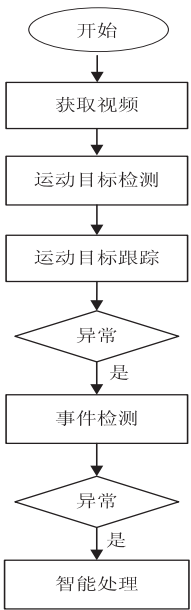


图 3 智能监控模块设计

- 这里值得注意的是:
- (1)系统一旦运行,视频的获取是实时的,则其他各模块对视频的处理便也是实时进行,因此,此流程的结束需要人工干预;
  - (2)对于目标跟踪和事件检测,只需要对异常情况进行处理,可以不响应非异常情况。
- 该系统中,视频获取、视频画面初始化以及运动目标检测与跟踪都可以基于 OpenCV 实现。特别是运动目标检测部分,文中已经进行了深入的讨论和测试,证



实基于 GMM 的运动目标检测具有较好效果,能满足视频监控的基本要求,同时文中也实现了运动目标检测与跟踪模块,如图 4 所示。事件检测是在目标跟踪的基础上对突发事件的检测,如对交通事故、非法聚集等的检测,智能处理则是根据检测到突发事件或异常情况与事先设置的报警规则进行对比,根据不同的规则对事件采取相应的处理策略,比如接入警务系统。这两部分亦是智能视频监控的重要组成部分。

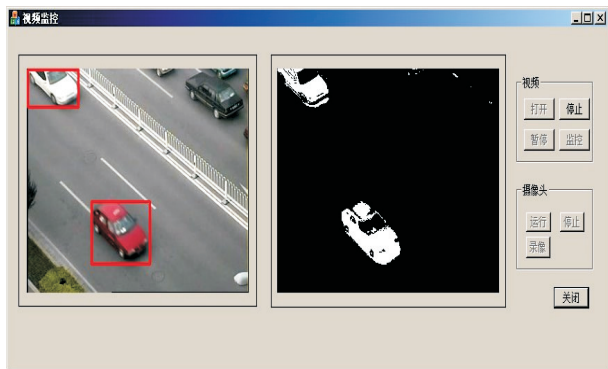


图 4 运动目标检测与跟踪模块实现

## 4 结束语

文中利用 OpenCV 技术实现了 GMM,实验结果表明高斯混合模型对道路监控视频运动目标检测具有较好的效果。然后将基于 GMM 的运动目标检测技术进行应用,在此基础上设计了一种智能视频监控系统。据预计<sup>[15]</sup>,我国 2015 年安防产业总产值将达到 5 000 亿元,而智能视频监控是公共安防的核心和主体部分,其市场规模占整个安防产业的 50% 以上。由此可知,作为智能视频监控系统的关键技术之一,高效、稳定、实用的运动目标检测技术具有重要的应用价值。

### 参考文献:

- [1] 王 亮,胡卫明,谭铁牛. 人运动的视觉分析综述[J]. 计算机学报,2002,25(3):225-237.
- [2] 梁 华. 多摄像机视频监控中运动目标检测与跟踪[D]. 长沙:国防科学技术大学,2009.
- [3] Lipton A, Fujiyoshi H, Patil R. Moving target classification and tracking from real-time video[C]//Proc of IEEE workshop on applications of computer vision. Princeton, NJ: [s. n.], 1998:8-14.
- [4] Meyer D, Denzler J, Niemann H. Model based extraction of articulated objects in image sequences for gait analysis[C]//Proc of IEEE international conference on image processing. Santa Barbara, California: [s. n.], 1997:78-81.
- [5] 代科学,李国辉,涂 丹,等. 监控视频运动目标检测减背景技术的研究现状和展望[J]. 中国图象图形学报,2006,11(7):919-927.
- [6] 杨文涛,郑国柱,郑立新,等. 基于高斯混合模型的光照自适应背景减法[J]. 湖北大学学报(自然科学版),2012,34(3):355-359.
- [7] 白向峰,李艾华,李喜来,等. 新型背景混合高斯模型[J]. 中国图象图形学报,2011,16(6):983-988.
- [8] Sonka M, Hlavac V, Boyle R. 图像处理、分析与机器视觉[M]. 第3版. 艾海舟,苏延超,译. 北京:清华大学出版社,2011:372-377.
- [9] OpenCV 中文网[EB/OL]. [2013-04-27]. <http://www.opencv.org.cn/index.php>.
- [10] KaewTraKulPong P, Bowden R. An improved adaptive background mixture model for real-time tracking with shadow detection[C]//Proc of 2nd European workshop on advanced video based surveillance systems. [s. l.]: [s. n.], 2001.
- [11] 张 娟,毛晓波,陈铁军. 运动目标跟踪算法研究综述[J]. 计算机应用研究,2009,26(12):4407-4410.
- [12] 陈晓博. 视频监控系统中的运动目标识别匹配及跟踪算法研究[D]. 北京:北京邮电大学,2011.
- [13] 朱秀昌. 视频编码新标准-H. 264[J]. 电信科学,2012(12):26-29.
- [14] 贾代平,范 辉. 流媒体技术规范及其应用技术研究综述[J]. 计算机工程,2005,31(2):5-6.
- [15] 中国安全防范产品行业协会. 中国安防行业“十二五”(2011~2015年)发展规划[J]. 中国安防,2011(3):2-9.
- [16] 徐 凯. 基于力反馈的虚拟膝关节手术系统的研究与实现[D]. 长沙:国防科学技术大学,2005.
- [17] 唐贤根,熊岳山,谭 珂,等. 一种基于 OpenHaptic 的软组织有限元形变模型[J]. 系统仿真学报,2012,24(7):1434-1437.
- [18] 黄莹莹. 面向腹腔镜虚拟手术的软组织切割变形仿真技术研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2011.
- [19] Conti F, Khatib O, Baur C. Interactive rendering of deformable objects based on a filling sphere modeling approach[C]//Proceedings of the 2003 IEEE international conference on robotics & automation. [s. l.]: [s. n.], 2003:3716-3721.
- [20] 涂 超. 虚拟现实真实感树木的实时绘制[J]. 计算机技术与发展,2009,19(6):206-209.

(上接第 14 页)

- gan-level surgical simulation[J]. IEEE transactions on information technology in biomedicine, 2006, 10(2):312-322.
- [13] Allard J, Cotin S, Faure F, et al. SOFA-An open source framework for medical simulation[J]. Studies in health technology and informatics, 2007, 125:13-20.
- [14] Allard J, Marchal M, Cotin S. Fiber-based fracture model for simulating soft tissue tearing[J]. Studies in health technology and informatics, 2009, 142:13-18.
- [15] Montgomery K, Bruyns C, Brown J, et al. Spring: A general framework for collaborative, real-time surgical simulation[J]. Studies in health technology and informatics, 2002, 85:296-303.

基于OpenCV的视频运动目标检测及其应用研究

作者：

[黄景星](#)，[吴伟隆](#)，[龙楚君](#)，[张明军](#)，[HUANG Jing-xing](#)，[WU Wei-long](#)，[Long Chu-jun](#)，[ZHANG Ming-jun](#)

作者单位：

[广州大学华软软件学院 网络技术系, 广东 广州, 510990](#)

刊名：

[计算机技术与发展](#)

英文刊名：

Computer Technology and Development

ISTIC

年，卷(期)：

2014(3)

本文链接：[http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201403004.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201403004.aspx)